

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 1 7 日
Date of Application:

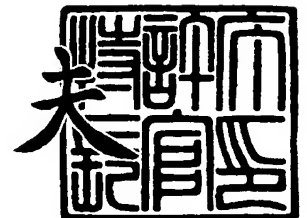
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 1 3 0 2 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 1 3 0 2 1]

出 願 人 アルプス電気株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 2 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 6 9 0 0



【書類名】 特許願

【整理番号】 AB02044

【提出日】 平成15年 4月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/01

【発明の名称】 マッハツェンダー干渉計型光スイッチ

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 北川 均

【特許出願人】

 【識別番号】 000010098

 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064908

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108578

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

 【識別番号】 100089037

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 渡邊 隆



【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マッハツェンダー干渉計型光スイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2本の光導波路が2カ所で近接されて方向性結合器が2カ所設けられるとともにこれら方向性結合器間に2本のアーム光導波路が設けられたマッハツェンダー干渉計型光スイッチであって、前記2本の光導波路は屈折率温度係数が互いに異符号を示すものであり、前記2本のアーム光導波路のうち少なくとも一方を加熱可能な加熱手段が設けられたことを特徴とするマッハツェンダー干渉計型光スイッチ。

【請求項 2】 前記加熱手段は前記2本のアーム光導波路の両方を加熱可能なものであることを特徴とする請求項1記載のマッハツェンダー干渉計型光スイッチ。

【請求項 3】 前記2本の光導波路のうち一方の光導波路は、 TiO_2 、 $PbMoO_4$ 、 Ta_2O_5 のうちいずれか1種の屈折率温度係数が負の材料から構成され、他方の光導波路は、 $LiNbO_3$ 、チタン酸ジルコン酸ランタン鉛、 SiO_xN_y のうちいずれか1種の屈折率温度係数が正の材料から構成されていることを特徴とする請求項1又は2記載のマッハツェンダー干渉計型光スイッチ。

【請求項 4】 前記マッハツェンダー干渉計型光スイッチは、 $\delta/\kappa \leq 0.2$ （式中、 δ は2本の光導波路の伝播定数差/2、 κ は結合定数）で示される関係を満たすことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載のマッハツェンダー干渉計型光スイッチ。

【請求項 5】 前記2本の光導波路は、所定の波長の入射光に対する前記方向性結合器間の有効光路長が等しくなるように、異なる長さにされていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載のマッハツェンダー干渉計型光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信分野で用いられる光スイッチの一種であるマッハツェンダー干渉計型光スイッチ（MZI型光スイッチ）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のMZI型光スイッチとしては、図9に示すような構成のものが知られている（例えば、特許文献1参照。）。

従来のMZI型光スイッチは、シリコン基板上に積層されたクラッド層中に形成された2本の石英系導波路84、84を2箇所近接させてなる2つの3dB方向性結合器93、93と、これら方向性結合器を連結する2本のアーム光導波路84a、84bと、上記クラッド層の表面に設けられたCr薄膜ヒータ85が備えられている。薄膜ヒータ85は、一方のアーム光導波路84aに熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトするためのものである。この薄膜ヒータ（電極）85の両側に、Au配線85a、85bが接続されている。

【0003】

図9のMZI型光スイッチでは、薄膜ヒータ85に電圧を印加しない場合、2本のアーム光導波路84a、84bは、その光路長が等しいため、一方の光導波路84の一端部（第1の入力ポート92a）から入射した光は、他方の光導波路84の他端部（第2の出力ポート92d）から出射される。

次に、薄膜ヒータ85に電圧を印加して加熱すると、一方の光導波路84のアーム光導波路84aの温度が上昇するため、2本のアーム光導波路84a、84bに光路長差が発生し、第1の入力ポート92aから入射した光は、一方の光導波路84の他端部（第1の出力ポート92c）から出射される。このようにすることで、スイッチオフ動作時（電極に電圧を印加しない時）に出力していた第2の出力ポート92dから、第1の出力ポート92cへと光を出力させる出力ポートを切り替えて、光のスイッチングが実現される。

【0004】

ところが図9のMZI型光スイッチでは、一方のアーム光導波路84aのみ加温するため、位相シフトは片方のアーム光導波路84aでしか発生しない。その結果、スイッチングを行うのに必要な位相シフト量が生じさせるために必要な温

度が高くなり、消費電力が大きい。また、昇温に時間がかかるため、スイッチング時間が長いという問題があった。

例えば、薄膜ヒータ長さ 1 cm、入射する光の波長が $1.55\ \mu\text{m}$ のとき、伝搬光の位相を π だけシフトさせるのに、アーム光導波路 84a の温度を 7.5°C 上昇させないと、出力ポートを切り替えることができなかった。

【0005】

そこで、このような問題を解決するために図 10 に示すような MZ I 型光スイッチが提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

図 10 の MZ I 型光スイッチにおいてもクラッド層の表面に Cr 薄膜ヒータ（電極）95 が設けられ、この薄膜ヒータ 95 の両側に Au 配線 95a、95b が形成されているが、この薄膜ヒータ 95 は 2 本のアーム光導波路 84a、84b に熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトするようになっている。また、アーム光導波路 84a、84b の途中に当該アーム光導波路 84a、84b を分断する溝 86 が配置され、熱光学効果を与えるべきアーム光導波路 84a、84b の熱光学定数より大きい熱光学定数を持つ有機材料としてシリコン樹脂が溝 86 に充填されている。

【0006】

【特許文献 1】

特開 2000-29079 号公報（第 2-4 頁、図 1、図 2、図 9）

【0007】

図 10 の MZ I 型光スイッチでは、薄膜ヒータ 95 に電圧を印加しない場合、2 本のアーム光導波路 84a、84b は、全体として同じ光路長になるように設計されているため、第 1 の入力ポート 92a から入射した光は、第 2 の出力ポート 92d から出射される。

次に、薄膜ヒータ 95 に電圧を印加して加熱すると、図 10 の斜線で示す領域 98 の温度が上昇する。この場合、2 本のアーム光導波路 84a、84b にとって溝 86 以外の部分是对称につくられているため光路長差は生じない。しかし、薄膜ヒータ 95 によって温度上昇する領域 98 には、第 1 のアーム光導波路 84a にのみ溝 86 が形成されており、その溝 86 に充填したシリコン樹脂の熱光

学定数は石英系ガラスの熱光学定数よりも大きいために、2本のアーム光導波路 84a、84bに光路長差が発生し、図9のものより低い温度で伝搬光の位相を π だけシフトさせることができ、第1の入力ポート92aから入射した光は、第1の出力ポート92cから出射される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら図10のMZI型光スイッチは、図9のものに比べて低消費電力とできるが、上記のような溝86を形成し、この溝86内に有機材料を充填するものであるため、構造が複雑で、製造工程が煩雑になってしまうという問題があった。また、近年、急速に普及する光通信システムに伴って図10のMZI型光スイッチよりさらに低消費電力で、スイッチング時間が短いMZI型光スイッチの実現が要望されている。

【0009】

本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、構造の簡略化が可能で、しかも低消費電力で、スイッチング時間を短くできるMZI型光スイッチの提供を目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明のMZI型光スイッチは、2本の光導波路が2カ所で近接されて方向性結合器が2カ所設けられるとともにこれら方向性結合器間に2本のアーム光導波路が設けられたマッハツェンダー干渉計型光スイッチであって、上記2本の光導波路は屈折率温度係数が互いに異符号を示すものであり、上記2本のアーム光導波路のうち少なくとも一方を加熱可能な加熱手段が設けられたことを特徴とする。

【0011】

本発明のMZI型光スイッチは、屈折率温度係数が互いに異符号を示す2本の光導波路が備えられたことにより、温度変化量を同じにした場合、同じ材料から構成した2本の光導波路（言い換えれば屈折率温度係数が同じ材料から構成した2本の光導波路）を用いた従来のMZI型光スイッチに比べて一方のアーム光導

波路を加熱したときの2本のアーム光導波路の光路長差を大きくでき、伝搬光の位相シフト量も大きくできる。

また、本発明のMZI型光スイッチは、同じ材料の2本の光導波路を用いた従来のMZI型光スイッチよりも低い温度でスイッチングに必要な伝搬光の位相シフト量が得られるので、低消費電力とすることができ、しかも昇温時間が短くて済み、スイッチング時間を短縮できる。

また、本発明のMZI型光スイッチは、上記2本の光導波路の材料として屈折率温度係数が互いに異符号を示すものを選択すればよいので、アーム光導波路の途中に有機材料を充填した溝を設けたような従来のMZI型光スイッチに比べて構造及び製造工程を簡略化できる。

【0012】

また、本発明のMZI型光スイッチにおいては、上記加熱手段は上記2本のアーム光導波路の両方を加熱可能なものであってもよい。

かかる構成のMZI型光スイッチでは、上記2本のアーム光導波路の両方を加熱できるので、1本のアーム光導波路のみ加熱する場合と比べて2本のアーム光導波路の光路長差を大きくでき、伝搬光の位相シフト量も大きくできる。従って、このMZI型光スイッチでは、1本のアーム光導波路のみ加熱する場合と比べて低い温度でスイッチングに必要な伝搬光の位相シフト量が得られるので、昇温時間が短くて済み、スイッチング時間を速くできる。

また、このMZI型光スイッチでは、2本のアーム光導波路の両方加熱しても良いので、2本のアーム光導波路間に断熱構造を設けなくても済み、構造及び製造工程を簡略化でき、また、2本のアーム光導波路を近づけても良いので、曲げ角度も少なく済み、光損失を小さくできるうえ、コンパクト化が可能である。

【0013】

本発明のMZI型光スイッチにおいて、上記2本の光導波路のうち一方の光導波路は、 TiO_2 、 PbMoO_4 、 Ta_2O_5 のうちいずれか1種の屈折率温度係数が負の材料から構成され、他方の光導波路は、 LiNbO_3 、チタン酸ジルコン酸ランタン鉛 (PLZT)、 SiO_xN_y のうちいずれか1種の屈折率温度係数が正の材料から構成されていてもよい。特に、一方の光導波路の材料とし

て TiO_2 を選択し、他方の光導波路の材料として PLZT を選択した場合には、屈折率温度係数の差が特に大きく、加温することにより 2 本のアーム光導波路の光路長差を大きくでき、伝搬光の位相シフト量も大きくできる点で好ましい。

【0014】

また、本発明の MZ I 型光スイッチにおいては、 $\delta/\kappa \leq 0.2$ (式中、 δ は 2 本の光導波路の伝播定数差/2、 κ は結合定数)

で示される関係を満たすことが、消光比を大きくできる点で好ましく、さらに好ましくは $\delta/\kappa \leq 0.1$ なる関係を満たすことが消光比 30 dB 以上とすることができ点で好ましい。 $\delta/\kappa \leq 0.2$ なる関係を満たすには、上記 δ を小さくするか、あるいは上記 κ を大きくすればよい。上記 δ を小さくするには、例えば、光導波路の断面形状を変更すればよい。また、上記 κ を大きくするには、上記方向性結合器のところの 2 本の光導波路の間隔を狭くすればよい。

【0015】

また、本発明の MZ I 型光スイッチにおいては、上記 2 本の光導波路は、所定の波長の入射光に対する上記方向性結合器間の有効光路長が等しくなるように、異なる長さにされていることがスイッチングにオフセットが生じるのを防止できる点で好ましい。

2 本の光導波路として屈折率温度係数が互いに異符号を示すものを用いると、2 本の光導波路の伝播定数の差が大きい場合があり、その場合に両アーム光導波路の有効光路長が異なると、信号光 (入射光) が同じに伝播しなくなり、スイッチングにオフセットが生じてしまう。そこで、2 本の光導波路の伝播定数差に応じて一方のアーム光導波路の物理的長さを他方のアーム光導波路の物理的長さと異ならせて、所定の波長の入射光に対する上記方向性結合器間の有効光路長を等しくすれば、スイッチングにオフセットが生じるのを防止することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

次に図面を用いて本発明の実施の形態を詳細に説明する。

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明に係る第 1 の実施形態の MZ I 型光スイッチの概略構成を示す

平面図であり、図2は図1のⅠⅠ-ⅠⅠ線断面図、図3は図1のⅠⅠⅠ-ⅠⅠⅠ線断面図である。

この実施形態のMZI型光スイッチは、図1乃至図3に示すようにシリコン等からなる基板2上に積層された下部クラッド層3aと、この下部クラッド層3aの表面に形成された2本の光導波路A、Bと、これら2本の光導波路A、Bと下部クラッド層3aを覆うように積層された上部クラッド層3bと、上部クラッド層3bの表面に設けられたCr等からなる薄膜ヒータ15とを備えている。

下部クラッド層3aと上部クラッド層3bを構成する材料としては、屈折率は光導波路A、Bを構成する材料の屈折率よりも小さく、しかも屈折率温度係数の絶対値は光導波路A、Bを構成する材料の屈折率温度係数の絶対値よりも小さいものが用いられ、例えば、SiO₂が用いられる。

【0017】

下部クラッド層3aの表面に形成された2本の光導波路A、Bは、2カ所で近接されることで2つの3dB方向性結合器13a、13bが設けられるとともにこれら方向性結合器間に2本のアーム光導波路a、bが設けられている。

2本の光導波路A、Bは、屈折率温度係数が互いに異符号を示すものである。

本実施形態では、一方の光導波路Aは、下記式(1)で示される条件を満たす材料、即ち、屈折率温度係数が負の材料から構成されており、例えばTiO₂、PbMoO₄、Ta₂O₅のうちから選択される1種が用いられる。

他方の光導波路Bは、下記式(2)で示される条件を満たす材料、即ち、屈折率温度係数が正の材料から構成されており、例えば、LiNbO₃、PLZT、SiO_xN_yのうちから選択される1種が用いられる。

光導波路に用いる材料の好ましい組み合わせとしては、光導波路Aの材料としてTiO₂が用いられ、光導波路Bの材料としてPLZTが用いられるのが先に述べた理由により好ましい。

【0018】

$$(\partial N / \partial T)_A < 0 \quad \cdots \text{式(1)}$$

$$(\partial N / \partial T)_B > 0 \quad \cdots \text{式(2)}$$

上記式(1)中、式(2)中、Nは光導波路の屈折率、Tは温度(℃)である。

【0019】

なお、上記光導波路に用いられる各材料の屈折率温度係数は、 TiO_2 が $-7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、 PbMoO_4 が $-4 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、 Ta_2O_5 が $-1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ であり、 LiNbO_3 が $4.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、PLZTが $10 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、 SiO_xN_y が $1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ である。

2本の光導波路AとBは物理長が等しくなるように設けられており、また、2本のアーム光導波路aとbも物理長Lが等しくなるように設けられている。

【0020】

薄膜ヒータ（加熱手段）15は、少なくとも一方のアーム光導波路を加熱することにより、熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトするためのものであり、本実施形態ではアーム光導波路aとbの上方に上部クラッド層3bを介して設けられているので、アーム光導波路aとbの両方を加熱できるようになっている。この薄膜ヒータ（電極とよぶこともある。）15には、金属からなる配線15a、15bが接続されている。

【0021】

また、本実施形態のMZI型光スイッチにおいては、 $\delta/\kappa \leq 0.2$ （式中、 δ は $(\beta_B - \beta_A)/2$ 、 κ は結合定数であり、上記 β_A は光導波路Aの伝播定数、 β_B は光導波路Bの伝播定数）で示される関係を満たすことが、消光比を大きくできる点で好ましく、さらに好ましくは $\delta/\kappa \leq 0.1$ なる関係を満たすことが消光比30dB以上とすることができる点で好ましい。

$\delta/\kappa \leq 0.2$ なる関係を満たすには、上記 δ を小さくするか、あるいは上記 κ を大きくすればよい。上記 δ を小さくするには、例えば、光導波路AやBの断面形状を変更すればよい。また、上記 κ を大きくするには、上記方向性結合器13aや13bのところの2本の光導波路AとBの間隔を狭くすればよい。

このようなMZI型光スイッチの光導波路に入射させる光としては、例えば、 $1.3 \mu\text{m}$ または $1.55 \mu\text{m}$ の波長が用いられる。

【0022】

次に、本実施形態のMZI型光スイッチの動作について図1を用いて説明する。

なお、図1において $A_0 \sim A_3$ 、 $B_0 \sim B_3$ は、MZI型光スイッチにおける各位置を示すものある。

A_0 は光導波路Aの一端部側に設けられた第1の入力ポート22aの位置（光導波路Aに入射前の位置）、 A_1 は導波路Aにおける一点であって、第1の入力ポート側の3dB方向性結合器13aの直後の位置、 A_2 は導波路Aにおける一点であって、光導波路Aの他端部側の3dB方向性結合器13bの直前の位置、 A_3 は光導波路Aの他端部側に設けられた第1の出力ポート22cの位置である。

B_0 は光導波路Bの一端部側に設けられた第2の入力ポート22bの位置（光導波路Bに入射前の位置）、 B_1 は導波路Bにおける一点であって、第2の入力ポート側の3dB方向性結合器13aの直後の位置、 B_2 は導波路Bにおける一点であって、光導波路Bの他端部側の3dB方向性結合器13bの直前位置、 B_3 は光導波路Aの他端部側に設けられた第2の出力ポート22dの位置である。

【0023】

薄膜ヒータ15に電圧を印加しない場合は、2本のアーム光導波路aとbは両方とも加熱されない。この場合に第1の入力ポート22aから例えば $1.55\mu\text{m}$ の波長の光Rを入射すると、この光Rは第2の出力ポート22dから出射される。なお、この場合の $A_0 \sim A_3$ と $B_0 \sim B_3$ の各位置での光のパワー $P_{A0} \sim P_{A3}$ 、 $P_{B0} \sim P_{B3}$ と波動複素振幅 $W_{A0} \sim W_{A3}$ 、 $W_{B0} \sim W_{B3}$ を以下に示す。但し、通常伝播位相シフト分は差し引いてある。この場合の3dB方向性結合器13aと13bの結合率はいずれも0.5のときである。

【0024】

A_0 位置の波動複素振幅は、 $W_{A0} = 1.0 \times e^{i\theta} = 1$

A_0 位置の入射光パワーは、 $P_{A0} = |W_{A0}|^2 = 1$

B_0 位置の波動複素振幅は、 $W_{B0} = 0$ であり、すなわち、光は入射しない。

B_0 位置の入射光パワーは、 $P_{B0} = |W_{B0}|^2 = 0$

A_1 位置の波動複素振幅は、 $W_{A1} = (1/\sqrt{2}) W_{A0} = (1/\sqrt{2})$

A_1 位置の伝播光パワーは、 $P_{A1} = |W_{A1}|^2 = 1/2$ （3dB結合器の場合）

B₁ 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned} W_{B1} &= (1/\sqrt{2}) W_{A0} \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\ &= (1/\sqrt{2}) e^{i \cdot (-\pi/2)} \end{aligned}$$

B₁ 位置の伝播光パワーは、 $P_{B1} = |W_{B1}|^2 = 1/2$

【0025】

A₂ 位置の波動複素振幅は、 $W_{A2} = W_{A1} \times e^{i \cdot 0} = (1/\sqrt{2})$

A₂ 位置の伝播光パワーは、 $P_{A2} = |W_{A2}|^2 = 1/2$

B₂ 位置の波動複素振幅は、

$$W_{B2} = W_{B1} \times e^{i \cdot 0} = (1/\sqrt{2}) e^{i \cdot (-\pi/2)}$$

B₂ 位置の伝播光パワーは、 $P_{B2} = |W_{B2}|^2 = 1/2$

A₃ 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned} W_{A3} &= (1/\sqrt{2}) W_{A2} + (1/\sqrt{2}) W_{B2} \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\ &= 1/2 + (1/2) e^{i \cdot (-\pi)} = 1/2 (1-1) \\ &= 0 \end{aligned}$$

A₃ 位置の出射光パワーは、 $P_{A3} = |W_{A3}|^2 = 0$ であり、すなわち、出射光のパワーは0であり、A₃ 位置から光は出射されない。

B₃ 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned} W_{B3} &= (1/\sqrt{2}) W_{B2} + (1/\sqrt{2}) W_{A2} \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\ &= (1/2) \times e^{i \cdot (-\pi/2)} + (1/2) \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\ &= e^{i \cdot (-\pi/2)} \end{aligned}$$

B₃ 位置の出射光パワーは、 $P_{B3} = |W_{B3}|^2 = 1$ であり、すなわち、出射光のパワーは1である。

【0026】

薄膜ヒータ15に電圧を印加する場合、薄膜ヒータ15によって2本のアーム光導波路a、bは両方とも加熱されて、温度が上昇する。この場合、2本のアーム光導波路a、bは上記のように屈折率温度係数が互いに異符号を示すものである。屈折率温度係数が同じ材料から構成した光導波路を用いた従来のMZI型光スイッチに比べて2本のアーム光導波路の光路長差が大きくなり、低い温度で伝搬光の位相を π だけシフトさせることができ、従って、第1の入力ポート2

2 a から例えば $1.55 \mu\text{m}$ の波長の光 R を入射すると、この光 R は第 1 の出力ポート 22 c から出射される。

なお、この場合の $A_0 \sim A_3$ と $B_0 \sim B_3$ の各位置での光のパワー $P_{A_0} \sim P_{A_3}$ 、 $P_{B_0} \sim P_{B_3}$ と波動複素振幅 $W_{A_0} \sim W_{A_3}$ 、 $W_{B_0} \sim W_{B_3}$ を以下に示す。但し、通常伝播位相シフト分は差し引いてある。この場合の 3 dB 方向性結合器 13 a と 13 b の結合率はいずれも 0.5 のときである。

ここで示す例は、 $\Delta\phi_A, B = \Delta\phi_B - \Delta\phi_A = \pi$ ($\Delta\phi_A$ は加熱されたアーム光導波路 a を通過する入射光の位相、 $\Delta\phi_B$ はアーム光導波路 b を通過する入射光の位相) となる温度まで加熱し、しかも $L_A = L_B = L$ (L_A はアーム光導波路 a で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ、 L_B はアーム光導波路 b で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ)、 $N_A \neq N_B$ (N_A は光導波路 A の屈折率、 N_B は光導波路 B の屈折率) である場合である。

【0027】

A_0 位置の波動複素振幅は、 $W_{A_0} = 1.0 \times e^{i\theta} = 1$

A_0 位置の入射光パワーは、 $P_{A_0} = |W_{A_0}|^2 = 1$

B_0 位置の波動複素振幅は、 $W_{B_0} = 0$ であり、すなわち、光は入射しない。

B_0 位置の入射光パワーは、 $P_{B_0} = |W_{B_0}|^2 = 0$

A_1 位置の波動複素振幅は、 $W_{A_1} = (1/\sqrt{2}) W_{A_0} = (1/\sqrt{2})$

A_1 位置の伝播光パワーは、 $P_{A_1} = |W_{A_1}|^2 = 1/2$ (3 dB 結合器の場合)

B_1 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned} W_{B_1} &= (1/\sqrt{2}) W_{A_0} \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\ &= (1/\sqrt{2}) \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \end{aligned}$$

B_1 位置の伝播光パワーは、 $P_{B_1} = |W_{B_1}|^2 = 1/2$

【0028】

A_2 位置の波動複素振幅は、 $W_{A_2} = W_{A_1} \times e^{i(\Delta\phi_A)}$

$$= (1/\sqrt{2}) \times e^{i(\Delta\phi_A)}$$

A_2 位置の伝播光パワーは、 $P_{A_2} = |W_{A_2}|^2 = 1/2$

B_2 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned}
 W_{B2} &= W_{B1} \times e^{i(\Delta\phi_B)} \\
 &= (1/\sqrt{2}) e^{i(-\pi/2 + \Delta\phi_B)}
 \end{aligned}$$

B₂ 位置の伝播光パワーは、 $P_{B2} = |W_{B2}|^2 = 1/2$

A₃ 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned}
 W_{A3} &= (1/\sqrt{2}) W_{A2} + (1/\sqrt{2}) W_{B2} \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\
 &= (1/2) \times e^{i(\Delta\phi_A)} + (1/2) e^{i(-\pi + \Delta\phi_B)} \\
 &= (1/2) \times e^{i(\Delta\phi_A)} \times \{1 + e^{i(-\pi + \Delta\phi_B - \Delta\phi_A)}\}
 \end{aligned}$$

となるが、上記のように $\Delta\phi_B - \Delta\phi_A = \pi$ であるので、これを上記式に代入すると、

$$\begin{aligned}
 W_{A3} &= (1/2) \times e^{i(\Delta\phi_A)} \{1 + e^{i(-\pi + \pi)}\} \\
 &= e^{i(\Delta\phi_A)}
 \end{aligned}$$

A₃ 位置の出射光パワーは、 $P_{A3} = |W_{A3}|^2 = 1$ であり、すなわち、出射光のパワーは 1 である。

B₃ 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned}
 W_{B3} &= (1/\sqrt{2}) W_{B2} + (1/\sqrt{2}) W_{A2} \times e^{i(-\pi/2)} \\
 &= (1/2) \times e^{i\{(-\pi/2) + \Delta\phi_B\}} \\
 &\quad + (1/2) \times e^{i\{(-\pi/2) + \Delta\phi_A\}} \\
 &= (1/2) \times e^{i\{(-\pi/2) + \Delta\phi_A\}} \\
 &\quad \times (e^{i(-\pi + \phi_B - \phi_A)} + 1)
 \end{aligned}$$

となるが、上記のように $\Delta\phi_B - \Delta\phi_A = \pi$ であるので、これを上記式に代入すると、

$$\begin{aligned}
 W_{B3} &= (1/2) \times e^{i\{(-\pi/2) + \Delta\phi_A\}} \times (e^{i\pi} + 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

B₃ 位置の出射光パワーは、 $P_{B3} = |W_{B3}|^2 = 0$ であり、すなわち、出射光のパワーは 0 であり、B₃ 位置から光は出射されない。

【0029】

なお、 ϕ_A は下記式 (3-A) で計算でき、 ϕ_B は下記式 (3-B) で計算できる。

$$\phi_A = (2\pi L/\lambda) N_A \quad \cdots \text{式 (3-A)}$$

上記式 (3-A) 中、L はアーム光導波路 a で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ、 N_A は光導波路 A の屈折率である。

$$\phi_B = (2\pi L/\lambda) N_B \quad \cdots \text{式 (3-B)}$$

上記式 (3-B) 中、L はアーム光導波路 b で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ、 N_B は光導波路 B の屈折率である。

また、 $\Delta\phi_A$ は下記式 (3-1) で計算でき、 $\Delta\phi_B$ は下記式 (3-2) で計算できる。

$$\Delta\phi_A = (2\pi L/\lambda) (\partial N/\partial T)_A \Delta T \quad \cdots \text{式 (3-1)}$$

上記式 (3-1) 中、L はアーム光導波路 a で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ、 λ は入射光の波長、 ΔT は温度の変化量である。

【0030】

$$\Delta\phi_B = (2\pi L/\lambda) (\partial N/\partial T)_B \Delta T \quad \cdots \text{式 (3-2)}$$

上記式 (3-2) 中、L はアーム光導波路 b で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ、 λ は入射光の波長、 ΔT は温度の変化量である。

また、 $\Delta\phi_{A, B}$ は下記式 (3-C) で計算できる。

$$\begin{aligned} \Delta\phi_{A, B} &= (2\pi/\lambda) \{(\partial/\partial T)(LN_B) - (\partial/\partial T)(LN_A)\} \Delta T \\ &= (2\pi/\lambda) \{(\partial L/\partial T)N_B + L(\partial N_B/\partial T) - (\partial L/\partial T)N_A + L(\partial N_A/\partial T)\} \Delta T \\ &= (2\pi/\lambda) [L\{|\partial N_A/\partial T| + (\partial N_B/\partial T)\} + (N_B - N_A)(\partial L/\partial T)] \Delta T \\ &\doteq (2\pi/\lambda) [L\{|\partial N_A/\partial T| + (\partial N_B/\partial T)\}] \end{aligned}$$

…式 (3-C)

【0031】

本実施形態の MZ I 型光スイッチは、屈折率温度係数が互いに異符号を示す 2 本の光導波路 A と B が備えられたことにより、温度変化量を同じにした場合、同じ材料から構成した 2 本の光導波路（言い換えれば屈折率温度係数が同じ材料から構成した 2 本の光導波路）を用いた従来の MZ I 型光スイッチに比べて、アーム光導波路を加熱したときの 2 本のアーム光導波路の光路長差を大きくでき、伝搬光の位相シフト量も大きくできる。

また、本実施形態の MZ I 型光スイッチは、同じ材料の 2 本の光導波路を用い

た従来のMZI型光スイッチよりも低い温度でスイッチングに必要な伝搬光の位相シフト量が得られるので、低消費電力とすることができ、しかも昇温時間が短くて済み、スイッチング時間を短縮できる。

【0032】

同じ材料の2本の光導波路を用いた従来のMZI型光スイッチでは、スイッチングに必要な伝搬光の位相シフト量が π であるとき、位相を π だけシフトさせるに必要な温度の変化量 $(\Delta T)_{\pi}$ は、下記式(4)で計算できる。

$$(\Delta T)_{\pi} = \lambda / [2L (\partial N / \partial T)] \quad \cdots \text{式(4)}$$

上記式(4)中、Lはアーム光導波路で薄膜ヒータで覆われている部分の物理的長さ、 λ は入射光の波長である。なお、ここでの従来のMZI型光スイッチのアーム光導波路や屈折率等の条件は、 $L_A = L_B = L$ 、 $N_A = N_B$ である。

【0033】

これに対して本実施形態のMZI型光スイッチでは、スイッチングに必要な伝搬光の位相シフト量が π であるとき、位相を π だけシフトさせる $(\Delta \phi_B - \Delta \phi_A = \pi)$ に必要な温度の変化量 $(\Delta T)_{\pi}$ は、下記式(5)で計算できる。

$$(\Delta T)_{\pi} = \lambda / [2L \{ (\partial N / \partial T)_B + | (\partial N / \partial T)_A | \}] \quad \cdots \text{式(5)}$$

上記式(5)中、Lはアーム光導波路で薄膜ヒータ15で覆われている部分の物理的長さ、 λ は入射光の波長である。

このように式(5)の分母は、式(4)の分母より大きいので、本実施形態のMZI型光スイッチの $(\Delta T)_{\pi}$ は、従来のMZI型光スイッチの $(\Delta T)_{\pi}$ より小さくなる。

【0034】

また、本実施形態のMZI型光スイッチは、2本のアーム光導波路aとbの両方を加熱できるので、1本のアーム光導波路のみ加熱する場合と比べて2本のアーム光導波路の光路長差を大きくでき、伝搬光の位相シフト量も大きくできる。従って、このMZI型光スイッチでは、1本のアーム光導波路のみ加熱する場合と比べて低い温度でスイッチングに必要な伝搬光の位相シフト量が得られるので、昇温時間が短くて済み、スイッチング時間を速くできる。

また、本実施形態のMZI型光スイッチでは、2本のアーム光導波路aとbの両方加熱しても良いので、2本のアーム光導波路間に断熱構造を設けなくても済み、構造及び製造工程を簡略化でき、また、2本のアーム光導波路を近づけても良いので、曲げ角度も少なく済み、光損失を小さくできるうえ、コンパクト化が可能である。

さらに、本実施形態のMZI型光スイッチでは、上記2本の光導波路A、Bの材料として屈折率温度係数が互いに異符号を示すものを選択すればよいので、アーム光導波路の途中に有機材料を充填した溝を設けたような従来のMZI型光スイッチに比べて構造及び製造工程を簡略化できる。

【0035】

なお、上記実施形態ではアーム光導波路aとbの両方を加熱可能な薄膜ヒータ15が設けられた場合について説明したが、2本のアーム光導波路のうち一方のみ加熱可能な薄膜ヒータであってもよく、例えば、アーム光導波路aのみ加熱可能な薄膜ヒータ（他の例の薄膜ヒータという）が備えられていてもよく、上記他の例の薄膜ヒータはアーム光導波路aの上方に上部クラッド層3bを介して設けられており、アーム光導波路bの上方には設けられていない。

【0036】

上記のような他の例の薄膜ヒータが備えられた以外は第1の実施形態と同様のMZI型光スイッチの動作について図1を用いて説明する。

他の例の薄膜ヒータの電極に電圧を印加しない場合は、先に述べた第1の実施形態のMZI型光スイッチと同様に動作し、第1の入力ポート22aから例えば $1.55\mu\text{m}$ の波長の光Rを入射すると、この光Rは第2の出力ポート22dから出射される。

【0037】

他の例の薄膜ヒータの電極に電圧を印加する場合、薄膜ヒータによってアーム光導波路aが加熱されて、温度が上昇する。この場合、2本のアーム光導波路a、bは上記のように屈折率温度係数が互いに異符号を示すものであるので、屈折率温度係数が同じ材料から構成した光導波路を用いた従来のMZI型光スイッチに比べて2本のアーム光導波路の光路長差が大きくなり（なお、ここでの光路長

差はアーム光導波路 a、b の両方を加熱する場合よりは小さい。) 、低い温度で伝搬光の位相を π だけシフトさせることができ、従って、第 1 の入力ポート 22a から例えば $1.55 \mu\text{m}$ の波長の光 R を入射すると、この光 R は第 1 の出力ポート 22c から出射される。

なお、この場合の $A_0 \sim A_3$ と $B_0 \sim B_3$ の各位置での光のパワー $P_{A_0} \sim P_{A_3}$ 、 $P_{B_0} \sim P_{B_3}$ と波動複素振幅 $W_{A_0} \sim W_{A_3}$ 、 $W_{B_0} \sim W_{B_3}$ を以下に示す。但し、通常伝播位相シフト分は差し引いてある。この場合の 3 dB 方向性結合器 13a と 13b の結合率はいずれも 0.5 のときである。

ここで示す例は、 $\Delta\phi_A = -\pi$ ($\Delta\phi_A$ は加熱されたアーム光導波路 a を通過する入射光の位相差) となる温度まで加熱し、しかも $\Delta\phi_A < 0$ である場合である。

【0038】

A_0 位置の波動複素振幅は、 $W_{A_0} = 1.0 \times e^{i\theta} = 1$

A_0 位置の入射光パワーは、 $P_{A_0} = |W_{A_0}|^2 = 1$

B_0 位置の波動複素振幅は、 $W_{B_0} = 0$ であり、すなわち、光は入射しない。

B_0 位置の入射光パワーは、 $P_{B_0} = |W_{B_0}|^2 = 0$

A_1 位置の波動複素振幅は、 $W_{A_1} = (1/\sqrt{2}) W_{A_0} = (1/\sqrt{2})$

A_1 位置の伝播光パワーは、 $P_{A_1} = |W_{A_1}|^2 = 1/2$ (3 dB 結合器の場合)

B_1 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned} W_{B_1} &= (1/\sqrt{2}) W_{A_0} \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\ &= (1/\sqrt{2}) \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \end{aligned}$$

B_1 位置の伝播光パワーは、 $P_{B_1} = |W_{B_1}|^2 = 1/2$

【0039】

A_2 位置の波動複素振幅は、 $W_{A_2} = W_{A_1} \times e^{i(\Delta\phi_A)} = (1/\sqrt{2}) \times e^{i(\Delta\phi_A)}$

A_2 位置の伝播光パワーは、 $P_{A_2} = |W_{A_2}|^2 = 1/2$

B_2 位置の波動複素振幅は、

$$W_{B_2} = W_{B_1} \times e^{i(\Delta\phi_B)} \quad \text{となるが、} \Delta\phi_B = 0 \text{ である}$$

ので、これを上記式に代入すると、

$$W_{B2} = W_{B1} = (1/\sqrt{2}) \times e^{i \cdot (-\pi/2)}$$

B₂ 位置の伝播光パワーは、 $P_{B2} = |W_{B2}|^2 = 1/2$

A₃ 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned} W_{A3} &= (1/\sqrt{2}) W_{A2} + (1/\sqrt{2}) W_{B2} \times e^{i \cdot (-\pi/2)} \\ &= (1/2) \times e^{i(\Delta\phi_A)} + (1/2) e^{i(-\pi)} \end{aligned}$$

となるが、上記のように $\Delta\phi_A = -\pi$ であるので、これを上記式に代入すると、

$$W_{A3} = (1/2) \times e^{i\pi} + (1/2) \times e^{i(-\pi)} = -1$$

A₃ 位置の出射光パワーは、 $P_{A3} = |W_{A3}|^2 = 1$ であり、すなわち、出射光のパワーは 1 である。

B₃ 位置の波動複素振幅は、

$$\begin{aligned} W_{B3} &= (1/\sqrt{2}) W_{B2} + (1/\sqrt{2}) W_{A2} \times e^{i(-\pi/2)} \\ &= (1/2) \times e^{i(-\pi/2)} + (1/2) \times e^{i\{(-\pi/2) + \Delta\phi_A\}} \\ &= (1/2) \times e^{i(-\pi/2)} \times (1 + e^{i\Delta\phi_A}) \end{aligned}$$

となるが、上記のように $\Delta\phi_A = -\pi$ であるので、これを上記式に代入すると、

$$W_{B3} = (1/2) \times e^{i(-\pi/2)} \times (1 - 1) = 0$$

B₃ 位置の出射光パワーは、 $P_{B3} = |W_{B3}|^2 = 0$ であり、すなわち、出射光のパワーは 0 であり、B₃ 位置から光は出射されない。

【0040】

(第 2 の実施形態)

図 4 は、本発明に係る第 2 の実施形態の MZ I 型光スイッチの概略構成を示す平面図である。

第 2 の実施形態の MZ I 型光スイッチが、図 1 乃至図 3 に示した第 1 の実施形態の MZ I 型光スイッチと異なるところは、2 本の光導波路 A と B' は、所定の波長の入射光 R に対する方向性結合器間の有効光路長が等しくなるように異なる長さにされており、即ち、所定の波長の入射光に対する方向性結合器間の有効光路長が等しくなるように光導波路 A のアーム光導波路 a の物理長よりも光導波路 B' のアーム光導波路 b' の物理長が長くされた点である。

本実施形態においても光導波路 A は、第 1 の実施形態で用いたものと同様の屈

折率温度係数が負の材料からなるものであり、光導波路B' は第1の実施形態で光導波路Bで用いたものと同様の屈折率温度係数が正の材料からなるものである。

【0041】

MZI型光スイッチを上記のような構成した理由について以下に述べる。

図1乃至図3に示したMZI型光スイッチのように2本の光導波路A、Bとして屈折率温度係数が互いに異符号を示すものを用いると、2本の光導波路A、Bの伝播定数の差が大きい場合があり、その場合に両アーム光導波路a、bの有効光路長が異なると、信号光（入射光）が同じに伝播しなくなり、スイッチングにオフセットが生じてしまう。

【0042】

図1のMZI型光スイッチにおいて入力ポート22aからパワーが1の入射光を入射させたときの出力ポート22cのエネルギー出射率は下記式（6）により求めることができる。

$$|A_3/A_0|^2 = \{ \cos^2(ql) - (\sin^2(ql)/q^2)(\delta^2 + \kappa^2 \cos(\Delta\phi')) \}^2 + (\sin^2(ql)/q^2)(2\delta \cos(ql) - (\kappa^2/q) \sin(ql) \sin(\Delta\phi'))^2 \quad \cdots \text{式(6)}$$

上記式（6）中、 A_0 は入力ポート22aの入射光の入射振幅、 A_3 は出力ポート22cの出射振幅、 q は有効結合定数、 l は3dB方向性結合器の結合長さ、 $\Delta\phi'$ は有効位相変化、 κ は結合定数、 δ は2本の光導波路の伝播定数差/2である。

【0043】

入力ポート22aからパワーが1の入射光を入射させたときの出力ポート22cの出射率と出力ポート22dのエネルギー出射率の合計が1のとき、出力ポート22dのエネルギー出射率は下記式（7）により求めることができる。

$$|B_3/A_0|^2 = 1 - |A_3/A_0|^2 \quad \cdots \text{式(7)}$$

上記式（7）中、 B_3 は出力ポート22dの出射振幅である。

【0044】

また、上記 δ は下記式（8）により求めることができる。

$$\delta = (\beta_B - \beta_A) / 2 \quad \cdots \text{式 (8)}$$

上記式 (8) 中、 β_A は光導波路 A の伝播定数、 β_B は光導波路 B の伝播定数である。

【0045】

また、上記のように光導波路 A と B の伝播定数が異なる場合には、実際の結合定数 (有効結合定数) q は結合定数 κ からずれてしまい、また、アーム光導波路 a と b を加熱したときの実際の位相変化 (有効位相変化) $\Delta\phi'$ は $\Delta\phi$ からずれてしまう。

【0046】

有効結合係数 q は、下記式 (9) により求めることができる。

$$q^2 = \kappa^2 + \delta^2 \quad \cdots \text{式 (9)}$$

有効位相変化 $\Delta\phi'$ は、下記式 (10) により求めることができる。

$$\Delta\phi' = \Delta\phi - 2\delta(L-1) \quad \cdots \text{式 (10)}$$

上記式 (10) 中、 $\Delta\phi$ は同じ材料から構成された光導波路の場合における位相差) であり、 L はアーム光導波路で薄膜ヒータで覆われている部分の物理的長さ、 1 は 3 dB 方向性結合器の結合長さである。

【0047】

そこで、本実施形態では、所定の波長の入射光 R に対する方向性結合器間の有効光路長が等しくなるように光導波路 A のアーム光導波路 a の物理長よりも光導波路 B' のアーム光導波路 b' の物理長を長くした。下記式 (11) にアーム光導波路 a と b' の物理長さの関係を示す。

$$L_B = L_A + \Delta L \quad \cdots \text{式 (11)}$$

上記式 (11) 中、 L_A はアーム光導波路 a で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ、 L_B はアーム光導波路 b' で薄膜ヒータ 15 で覆われている部分の物理的長さ、 ΔL は L_B と L_A の差である。

【0048】

スイッチングにオフセットが生じないように調整した式は、下記式 (12) で示すことができる。

$$\Delta L = (1 - \beta_A / \beta_B) (L_A - 1 + c / (2\kappa)) \quad \cdots \text{式 (12)}$$

【0049】

上記式(11)に示す関係を満たすようにしたことにより、 $\Delta\phi'$ は下記式(10-2)で示す式に変更される。

$$\Delta\phi' = \Delta\phi - 2\delta(L_A - 1) + \beta_B \Delta L \quad \cdots \text{式(10-2)}$$

式(10-2)中、1は3dB方向性結合器の結合長さである。

この式(10-2)と式(12)より、下記式(13)が得られる。

$$\Delta\phi' = \Delta\phi + c(\delta/\kappa) \quad \cdots \text{式(13)}$$

なお、上記式(13)中、cはフィッティングパラメータであり、オフセットが0になるとき数値計算により $c \div 1.5$ (但し、 $\delta/\kappa = 0.5$ の場合)とした。

通常の導波路と異なり、異なる伝搬定数 β_A 、 β_B を用いることにより、物理長さを同じにしても位相差が生じ、これがオフセットの原因となるので、これをなくすために物理長さを調節したが上記式(12)である。

【0050】

本実施形態のMZI型光スイッチでは、2本の光導波路の伝播定数差に応じてアーム光導波路b'の物理的長さをアーム光導波路aの物理的長さより長くすることで、所定の波長の入射光Rに対する上記方向性結合器間の有効光路長を等しくしたので、スイッチングにオフセットが生じるのを防止することができる。

【0051】

【実施例】

δ/κ を0.01～0.5の範囲で変更した以外は図1乃至図3に示した第1の実施形態と同様のMZI型光スイッチを作製した。このMZI型光スイッチの3dB方向性結合器の結合器パラメータ条件は、 $q1 = \pi/4$ である。上記式中、qは有効結合定数、1は方向性結合器の結合長さ、 π は位相シフト量である。作製したMZI型光スイッチの消光比について調べた。ここでの消光比は、第1の入力ポート22aから $1.55\mu\text{m}$ の入射光を入射し、第1の出力ポートの射出パワーを測定し、位相シフトを電極電圧を置き換えることにより調べた。

その結果を図5乃至図8に示す。

図5は、 $\delta/\kappa = 0.01$ としたときのMZI型光スイッチの位相シフト量(

rad) と相対出力光強度 (dB) の関係を示すグラフである。

図6は、 $\delta/\kappa = 0.1$ としたときのMZI型光スイッチの位相シフト量 (rad) と相対出力光強度 (dB) の関係を示すグラフである。

図7は、 $\delta/\kappa = 0.2$ としたときのMZI型光スイッチの位相シフト量 (rad) と相対出力光強度 (dB) の関係を示すグラフである。

図8は、 $\delta/\kappa = 0.5$ としたときのMZI型光スイッチの位相シフト量 (rad) と相対出力光強度 (dB) の関係を示すグラフである。

【0052】

図5乃至図8に示した結果から $\delta/\kappa = 0.5$ とした比較例のMZI型光スイッチは、消光比が14 dBしか得られないが、 $\delta/\kappa \leq 0.2$ とした実施例のMZI型光スイッチでは、消光比が28 dB程度以上得られており、特に、 $\delta/\kappa \leq 0.1$ とした実施例のMZI型光スイッチでは、消光比が40 dB程度以上得られており、従って、実用上好ましいとされる30 dB以上の消光比が得るには、 $\delta/\kappa \leq 0.1$ とすることが好ましいことがわかる。

【0053】

【発明の効果】

以上説明したように本発明のMZI型光スイッチによれば、2本の光導波路として屈折率温度係数が互いに異符号を示すものが用いられたことにより、構造の簡略化が可能で、しかも低消費電力で、スイッチング時間を短くできるMZI型光スイッチを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明に係る第1の実施形態のMZI型光スイッチの概略構成を示す平面図。

【図2】 図2は図1のII-II線断面図。

【図3】 図3は図1のIII-III線断面図。

【図4】 図4は、本発明に係る第2の実施形態のMZI型光スイッチの概略構成を示す平面図。

【図5】 図5は、 $\delta/\kappa = 0.01$ のときのMZI型光スイッチの位相シフト量と相対出力光強度の関係を示すグラフ。

【図6】 図6は、 $\delta/\kappa = 0.1$ としたときのMZI型光スイッチの位相シフト量と相対出力光強度の関係を示すグラフ。

【図7】 図7は、 $\delta/\kappa = 0.2$ としたときのMZI型光スイッチの位相シフト量と相対出力光強度の関係を示すグラフ。

【図8】 図8は、 $\delta/\kappa = 0.5$ としたときのMZI型光スイッチの位相シフト量と相対出力光強度の関係を示すグラフ。

【図9】 従来のMZI型光スイッチの例を示す平面図。

【図10】 従来のMZI型光スイッチの他の例を示す平面図。

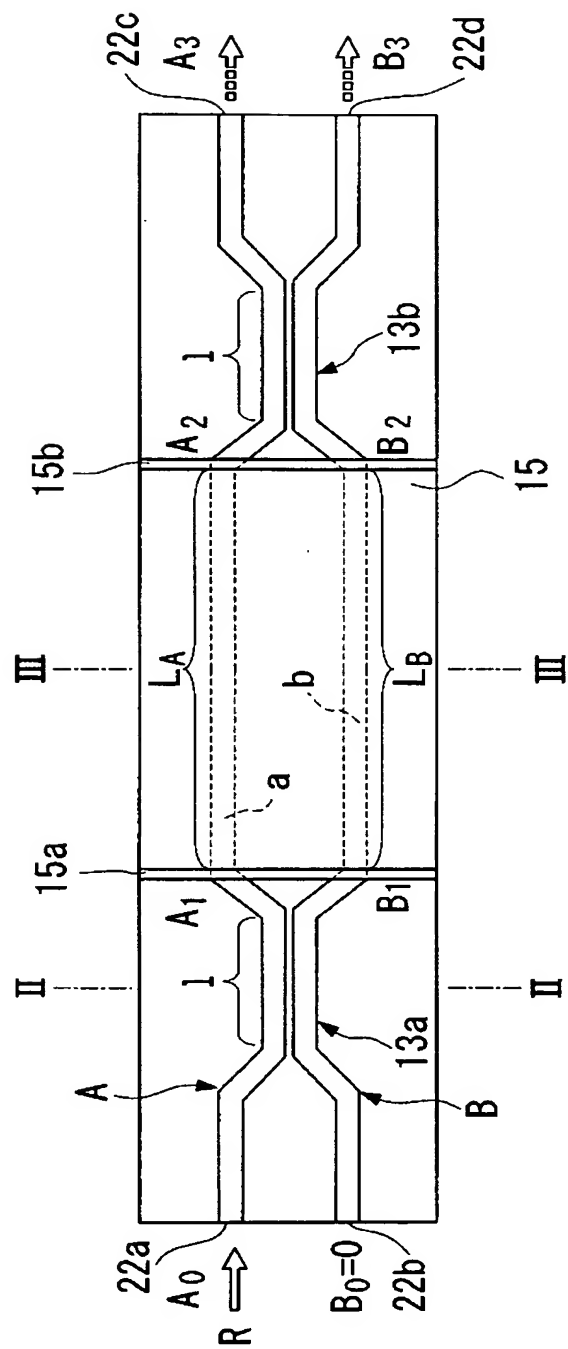
【符号の説明】

A, B…光導波路、a, b, b'…アーム光導波路、2…基板、3a…下部クラッド層、3b…上部クラッド層、13a…方向性結合器、13b…方向性結合器、15…薄膜ヒータ（加熱手段）、15a、15b…配線、22a…第1の入力ポート、22b…第2の入力ポート、22c…第1の出力ポート、22d…第2の出力ポート。

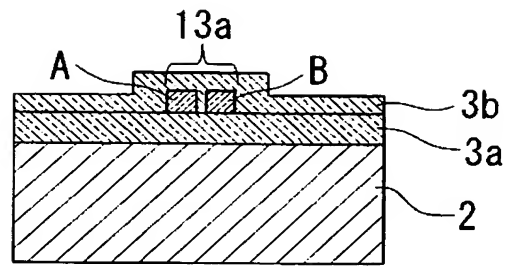
【書類名】

図面

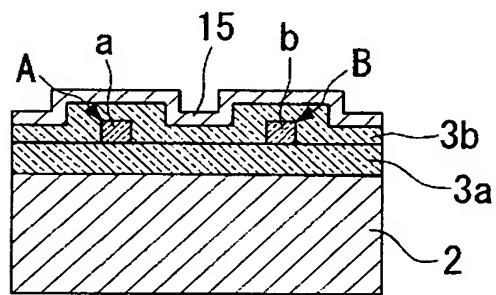
【図 1】



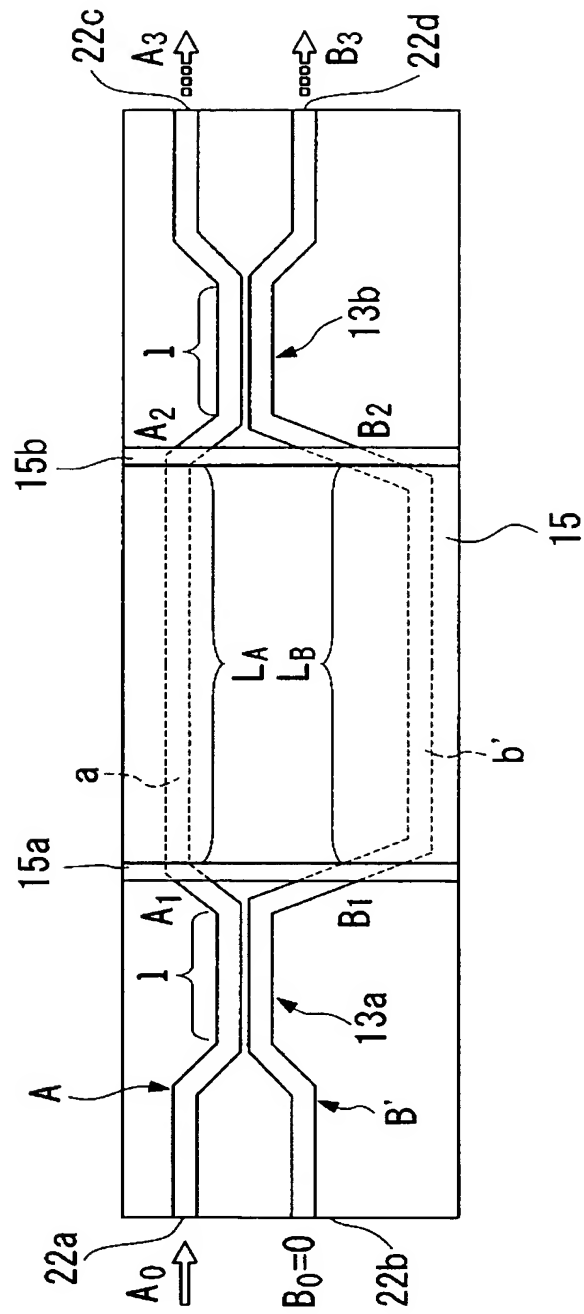
【図 2】



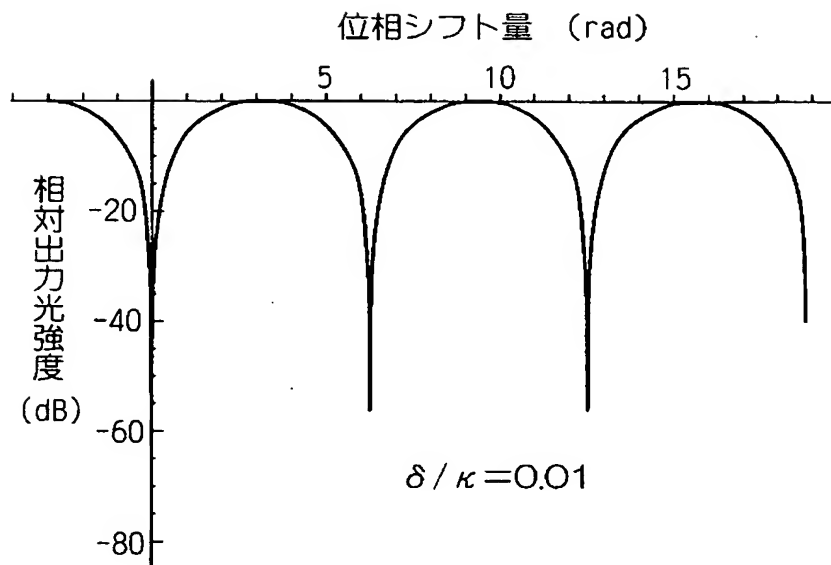
【図 3】



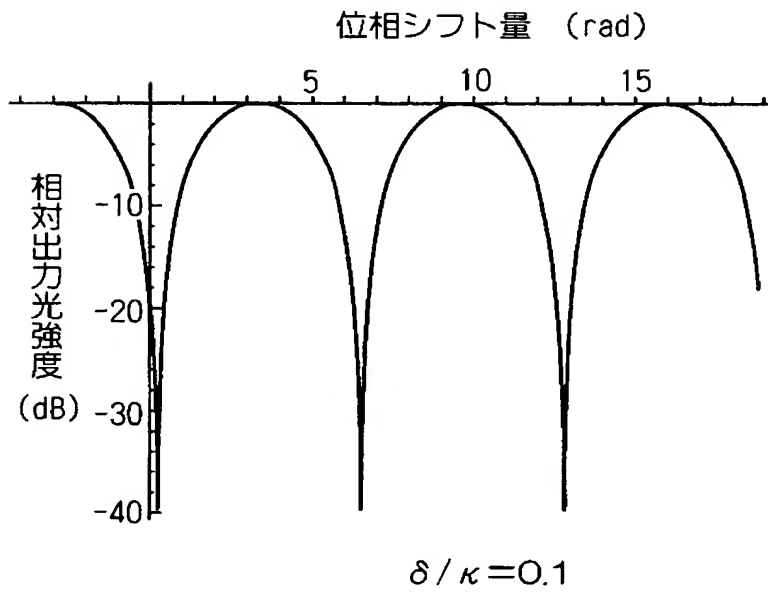
【図 4】



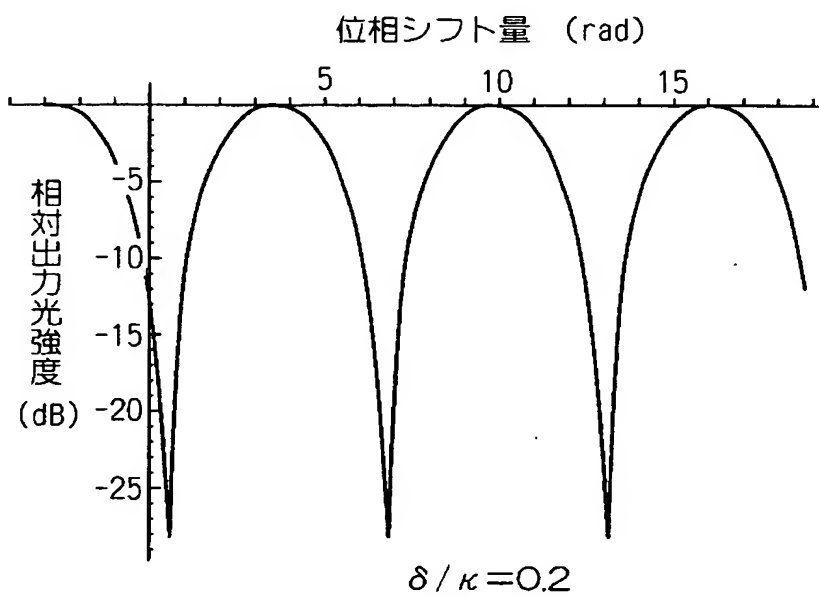
【図 5】



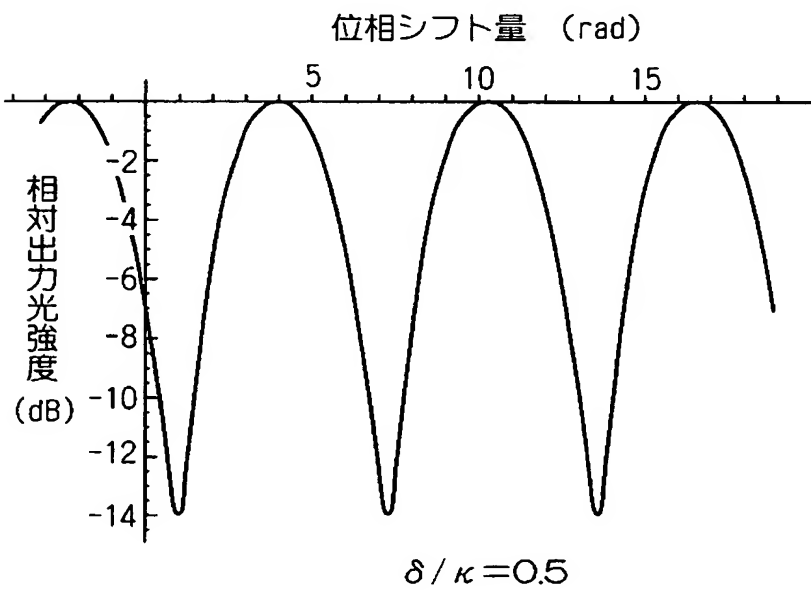
【図 6】



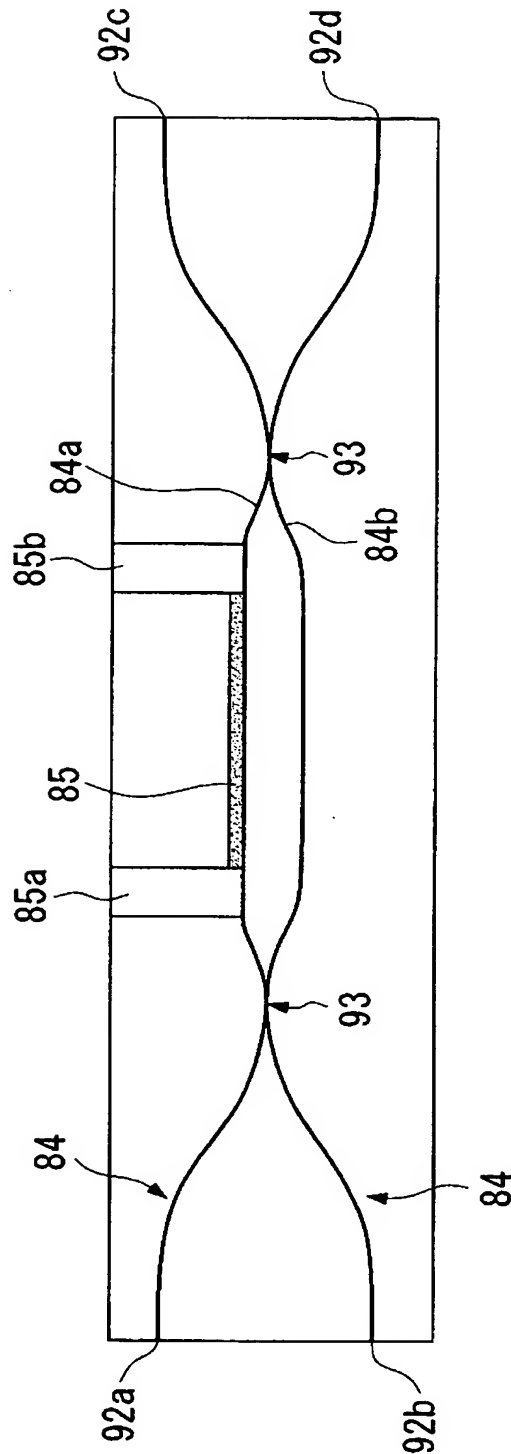
【図 7】



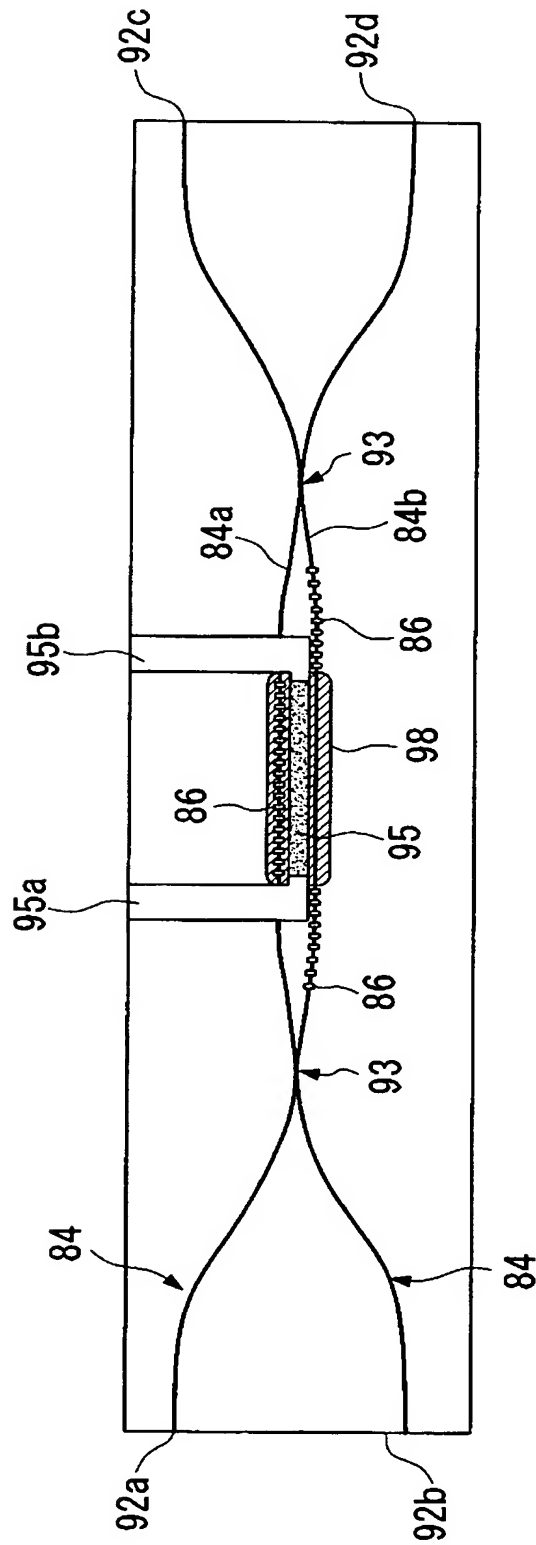
【図 8】



【図 9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 構造の簡略化が可能で、しかも低消費電力で、スイッチング時間を短くできるマッハツェンダー干渉計型光スイッチ（MZ I 型光スイッチ）の提供。

【解決手段】 2 本の光導波路 A、B が 2 カ所で近接されて方向性結合器が 2 カ所設けられるとともにこれら方向性結合器 1 3 a と 1 3 b 間に 2 本のアーム光導波路 a、b が設けられた MZ I 型光スイッチであって、2 本の光導波路 A、B は屈折率温度係数が互いに異符号を示すものであり、2 本のアーム光導波路 a、b のうち少なくとも一方を加熱可能な薄膜ヒータ（加熱手段）1 5 が設けられた MZ I 型光スイッチ。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-113021
受付番号	50300639682
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成 15 年 4 月 18 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000010098
【住所又は居所】	東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
【氏名又は名称】	アルプス電気株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報 (続き)

【氏名又は名称】	鈴木 三義
【選任した代理人】	
【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	西 和哉
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 1 3 0 2 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
氏 名	アルプス電気株式会社